植 物 分 类 与 资 源 学 报 2013, 35 (5): 630～640
Plant Diversity and Resources DOI: 10.7677/ynzwyj201312168

云南主要木本生物柴油原料植物的综合评价*

王 智[1,2], 杨 珺[1], 谭 英[1], 胡光万[1], 龙春林[1,3**]
(1 中国科学院昆明植物研究所, 云南 昆明 650201; 2 湖南中医药大学药学院, 湖南 长沙 410208;
3 中央民族大学生命与环境科学学院, 北京 100081)

摘要: 选用含油量、油脂成分、结实性状、分布范围和繁殖性状作为评价指标, 运用灰色关联度分析法对云南分布的、可作为生物柴油原料的 188 种主要木本油料植物 (含油量≥30%) 进行了综合评价。结果表明: 滇新樟 (*Neocinnamomum caudatum*)、西南红山茶 (*Camellia pitardii*) 等 29 种木本油料植物与理想种的关联度均超过 0.6500, 具有良好的综合性状, 可以在研究开发的基础上作为云南生物柴油产业的原料植物来推广应用。此外, 脉叶虎皮楠 (*Daphniphyllum paxianum*)、牛斜吴萸 (*Evodia trichotoma*)、长梗大花漆 (*Toxicodendron grangiflorum* var. *longipes*) 是这次新发现的 3 种具有开发潜力的木本生物柴油原料植物。

关键词: 生物柴油; 木本油料植物; 灰色关联度分析法; 综合评价
中图分类号: Q 949.93 **文献标识码**: A **文章编号**: 2095-0845(2013)05-630-11

Comprehensive Evaluation of Woody Oil-Bearing Plants in Yunnan as Sources for Biodiesel

WANG Zhi[1,2], YANG Jun[1], TAN Ying[1], HU Guang-Wan[1], LONG Chun-Lin[1,3**]
(1 *Kunming Institute of Botany*, *Chinese Academy of Science*, Kunming 650201, China; 2 *School of Pharmacy*, *Hunan University of Chinese Medicine*, Changsha 410208, China; 3 *College of Life and Environmental Sciences*, *Minzu University of China*, Beijing 100081, China)

Abstract: The potential of woody plants in Yunnan for biodiesel production was examined. We selected the oil content, oil component, fruit characters, distribution range and propagation characters as evaluation indices, and used the grey correlation degree analysis to comprehensively evaluate 188 woody oil-bearing plants (oil content≥30%). Our results showed that the correlation degrees between the ideal species and 29 woody oil-bearing plants were all higher than 0.6500. The correlations for *Neocinnamomum caudatum* and *Camellia pitardii* were particularly good, and after further research these species may be possible candidates for biodiesel development. *Daphniphyllum paxianum*, *Evodia trichotoma* and *Toxicodendron grangiflorum* var. *longipes* were three newly discovered woody oil-bearing plants that also have potential for biodiesel development.

Key words: Biodiesel; Woody oil-bearing plants; Grey correlation degree analysis; Comprehensive evaluation

油料植物是可以生产新型生物质能源“生物柴油”的植物。尽管油料植物作为生物柴油目前在利用上还存在许多困难, 研究和应用刚刚起步, 但已引起能源研究与开发利用领域的相当重视, 将成为解决未来全球能源危机的重要替代资源之一 (黄剑坚和韩维栋, 2006)。目前, 我国已查明的油料植物有 1 554 种, 分属于 151 科 697 属, 绝大部分为木本油料植物, 草本油料植物约 200 种 (贾良智和周俊, 1987), 种子含油量在 40% 以上的植物有 154 个种 (何桢祥和王

* 基金项目: 国家科技基础性工作专项重点项目 (2008FY110400-2-2) 和中国科学院知识创新工程
** 通讯作者: Author for correspondence; E-mail: long@mail.kib.ac.cn; 或 chunlinlong@hotmail.com
收稿日期: 2012-12-14, 2013-06-17 接受发表
作者简介: 王 智 (1980-) 男, 硕士, 助教, 研究方向: 中药资源与民族植物学。E-mail: zhiw5202004@126.com

伟，2006）。中国是一个人口大国，人均耕地面积不到 0.1 公顷。发展生物柴油产业应遵循“不与人争粮、不与粮争地”的原则和主要思路，充分开发和利用大面积的荒山、荒漠化、盐碱化的土地、山区林地，针对性地选种木本油料植物是获取大量生物柴油原料的较好途径，因而发展和培育木本生物柴油原料植物是我国发展生物柴油原料的重要出路（刘泽铭等，2008；费世民等，2006）。选用木本油料植物作为生物柴油的原料，不仅可以结合我国的退耕还林工程和生态林建设工程建立生物柴油原料基地，为我国的生物柴油产业提供丰富的原料，还有利于调整农村产业结构，增加农民收入，解决农村部分剩余劳动力的问题。这对于保障我国能源安全、保护生态环境、促进农林加工业发展、繁荣农村经济，将产生重要和深远的影响（王涛，2005）。

1　研究区概况

云南省位于我国西南边陲，面积约为 39.4 万 km^2。位于北纬 21°8′32″–29°15′8″和东经 97°31′39″–106°11′47″之间。全省东西最大横距 864.9 km，南北最大纵距 900 km。全省土地面积中，山地约占 84%，高原、丘陵约占 10%，盆地、河谷约占 6%，平均海拔 2 000 m 左右，最高海拔 6 740 m，最抵海拔 76.4 m（云南植被编写组，1987）。地理位置的特殊和地形地貌的复杂多样使云南气候兼具低纬气候、季风气候、山原气候的特点。独特的地理地貌特征和气候条件使云南成为我国植物种类最为繁多、植被类型最为多样、植物资源最为丰富的省份，享有“植物王国”的美誉。

2　材料与方法

2.1　材料和调查研究方法

作者通过查阅文献，初步确定云南主要木本油料植物（含油量≥30%）的种类。2009 年至 2011 年间，通过野外考察，调查和记录云南主要木本油料植物的种类、分布、生活型、生境、物候、单株结实量、地区蕴藏量和当地群众利用情况等相关信息。通过整理调查数据、实验室油脂成分分析和查阅相关文献（贾良智和周俊，1987；程树棋和程传智，2005；龙春林和宋洪川，2012），获得云南主要木本油料植物的相关数据，并运用灰色关联度分析法对云南主要木本生物柴油原料植物进行综合评价，筛选出具有开发利用前景的木本油料植物。

2.2　评价指标的确定

评价指标体系应该科学的、客观的、尽可能全面的考虑和反映各种影响因素。本文对云南主要木本油料植物进行评价时，选用含油量、油脂成分、结实性状、分布范围、繁殖性状等作为生物柴油原料关键性的因子作为评价指标（程树棋和程传智，2005；罗艳和刘梅，2007）。

（1）含油量 即植物含油器官油脂的百分含量。含油量是选择木本油料植物作为生物柴油原料的决定性指标，如果植物不含油谈不上属于油料植物，含油量的高低决定其利用价值的大小。

（2）油脂成分 从理论上来说，木本油料植物的油脂成分越接近柴油的成分，其发展前景就越好，因为这样的油脂可直接或者仅需要进行简单的转化即可用于发动机，但事实上这样的植物油脂很少。生物柴油的主要成分是棕榈酸、硬脂酸、油酸、亚油酸、亚麻酸等长链脂肪酸同低碳醇所形成的酯类化合物（薛建平等，2008）。油脂可转化成单酯类的物质是生物柴油的重要来源，如果植物所含油脂中的脂肪酸结构过于复杂，转化时消耗的能量就会很高，因此这样的油脂作为生物柴油的原料是不可取的。而一些植物的油脂中含有大量的油酸、亚油酸等不饱和脂肪酸，这类脂肪酸易于转化，有较好的利用价值。本文选用油脂成分中棕榈酸、棕榈油酸、硬脂酸、油酸、亚油酸、亚麻酸的含量之和作为评价指标。

（3）结实性状 木本油料植物的结实性状是指其含油器官的单位面积产量（kg/hm^2）。

（4）分布范围 木本油料植物的分布范围是由植物的生态适应性决定的。植物的生态适应性越广，表明作为生物柴油原料的潜在资源就越多，或可栽培的面积就越大。

（5）繁殖性状 木本油料植物的繁殖性状包括种子的发芽率、发芽的难易程度以及无性繁殖的可能性和难易程度，作为生物柴油原料植物应有良好的繁殖特性。

2.3　数据分析方法

对油料植物的性状进行评价时，目前常采用的是模糊评价法（程树棋和程传智，2005）和 AHP 层次分析法（蒋猛等，2008）。灰色关联度分析法具有简明、快捷的特点（邓聚龙，2002），广泛地运用在观赏植物的观赏性评价、农作物新品种的选育等方面（刘瑞宁等，2008；包海刚等，2009；王铁军等，2004），而采用灰色关联度分析法对木本生物柴油原料植物进行综合评价还未见报导。本文采用灰色关联度分析法对云南主要木本油料植物进行性状分析和综合评价，在参照相关研究资料（樊智丰等，2010；岳锋等，2010）和评分人员意见的基础上确定评价标准（表 1）。对硬性标准（含油量、油脂成分、结实性状）采取直接换算为评价等级得分的方式，对软性标准（分布范围、繁殖性状）采取多人打分取均值的方法。参与评分人员共 9 人，其中植物资源方面的

专家4人，具有本科以上学历的学生5人。因评价对象数目较多，评价等级分为4个层次，最高级取3，最低为0，应用灰色关联度分析理论，将各指标性状作为一个灰色系统。每个性状看作是灰色系统的一个因素，计算系统中各因素的关联度。共涉及参评木本油料植物188种，对其相应性状的量化值进行标准化及无量纲化处理后，以理想种（各性状值均为3）为参照，计算不同种综合性状的关联系数及关联度。设各种的调查性状构成数列为 x_i（i= 1，2，3，……188，即种编号)，其中理想种各性状构成数列为 x_0（即理想种编号)，性状指标为k（k=1，2，3，4，5)，参试种与理想种之间的关联系数为 $\xi_i(k)$，关联度为 γ_i，相关计算公式为：

$$\xi_i(k) = \frac{\min_i \min_k |x_0(k) - x_i(k)| + \rho \max_i \max_k |x_0(k) - x_i(k)|}{|x_0(k) - x_i(k)| + \rho \max_i \max_k |x_0(k) - x_i(k)|} \quad (1)$$

$$\gamma_i = \frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n}\xi_i(k) \quad (2)$$

式（1）中 $|x_0(k)-x_i(k)|$ 表示 x_0 数列与 x_i 数列在 k 点的绝对差值，ρ 为分辨系数，其取值范围为0~1，本文取 $\rho=0.5$；式（2）中，n 为评价指标数量，$n=5$，假设各性状的权重相等。

表1　木本油料植物性状评价标准

Table 1　Criteria of traits for assessing woody oil-bearing plants

评价等级 Evaluation grade	含油量 Oil content/%	油脂成分 Oil component/%	结实性状 Fruit characters/kg·(hm)$^{-2}$	分布范围 Distribution range	繁殖性状 Propagation characters
3	100	100	3 600	广布	好
2	66.6	66.6	2 400	一般	一般
1	33.3	33.3	1 200	狭窄	难
0	0	0	0	无	不能繁殖

3　结果与分析

3.1　云南主要木本油料植物资源

通过实地调查、实验室油脂分析和文献查阅，云南共有含油量≥30%木本油料植物有50科66属188种。主要分布在樟科（Lauraceae)、大戟科（Euphorbiaceae)、卫矛科（Celastraceae)、芸香科（Rutaceae)、木兰科（Magnoliaceae)、楝科（Meliaceae)、山茶科（Theaceae)、漆树科（Anacardiaceae)、无患子科（Sapindaceae)、蔷薇科（Rosaceae)，约占云南主要木本油料植物总数的60%，其中樟科和大戟科木本油料植物最多，分别为31种和24种，占总数的16%和13%。

3.2　云南主要木本油料植物在全省的分布情况

根据188种云南主要木本油料植物在云南省各地的分布情况，统计各地拥有的主要木本油料植物数量，再利用地理信息系统软件 ArcView GIS 3.3 和 Photoshop 7.0 绘制出云南主要木本油料植物的全省分布图（图1)，图上不同的图列代表该地区木本油料植物的不同丰富程度。

由图1可知，云南主要木本油料植物主要分布在云南的南部和东南部。其中，拥有60种以上的县（市）是：河口（85种)、勐腊（82种)、景洪（77种)、勐海（76种)、西畴（76种)、金平（74种)、麻栗坡（74种)、屏边（73种)、富宁（69种)、蒙自（65种)、绿春（64种)、文山（64种)、广南（62种)、马关（61种)、元阳（60种)。

3.3　云南主要木本油料植物性状评价

按照表1的性状评价标准，对云南含油量≥30%的木本油料植物的性状进行了评价，结果见表2。

在参评的188种木本油料植物中，94%的木本油料植物含油量的评价等级得分在1.0以上。其中，粗榧（*Cephalotaxus sinensis*)、铁力木（*Mesua ferrea*)、油桐（*Vernicia fordii*)、油朴（*Celtis philippensis*)、檀梨（*Pyrularia edulis*)、硬核（*Scleropyrum wallichianum*)、茶条木（*Delavaya toxocarpa*)、大果人面子（*Dracontomelon macrocarpum*)、野核桃（*Juglans cathayensis*)、核桃（*Juglans regia*)、泡核桃（*Juglans sigillata*)、黄花夹竹桃（*Thevetia peruviana*)、油棕（*Elaeis gunieensis*）的含油量的评价等级得分在2.0以上，即含油量在65%以上。油脂成分指标中，有101种木本油料植物脂肪酸性状评价等级得分

为 3.0（即这些植物的油脂成分中棕榈酸、棕榈油酸、硬脂酸、油酸、亚油酸、亚麻酸的含量之和占总成分的 99% 以上），占参评木本油料植物总数的 54%。樟科植物的油脂成分比较差，脂肪酸性状评价等级得分大多数在 2.0 以下。结实性状指标中，有 57 种的结实性状评价等级得分在 1.5 以上，占参评木本油料植物总数的 30%。结实性状最好的为皮哨子（*Sapindus delavayi*）和黄连木（*Pistacia chinensis*），评价等级得分都为 3.0，即含油器官的产量为 3 600 kg/hm^2。分布范围指标中，有 65 种的评价等级得分在 2.0 以上，占参评木本油料植物总数的 35%，这些植物大多是云南的常见种。在繁殖性状指标中，所有参评种的繁殖性状评价等级都在 1.0 以上。其中，有 107 种的评价等级得分在 2.0 以上，占参评木本油料植物总数的 57%。

3.4　云南主要木本油料植物与理想种的关联系数和关联度分析

根据性状评价的结果，运用灰色关联度分析法对所得的数据进行关联系数和关联度的计算。由于理想种的各性状的评价等级均为 3，所以理想种各性状的关联系数均为 1.0000，关联度为 1.0000；其他参评种的计算结果见表 2。按照灰色关联度分析法原则，参评种的关联度越大说明与理想种越接近，即综合评价越高。由表 2 可见，有 77 种与理想种的关联度超过 0.6000，占参评木本油料植物总数的 41%。其中，有 29 种与理想种的关联度超过了 0.6500，它们是：滇新樟（*Neocinnamomum caudatum*）、西南红山茶（*Camellia pitardii*）、窄叶西南红山茶（*Camellia pitardii* var. *yunnanic*）、滇山茶（*Camellia reticulata*）、油茶（*Camellia oleifera*）、铁力木、石栗（*Aleurites moluccana*）、乌桕（*Sapium sebiferum*）、小桐子（*Jatropha curcas*）、杏（*Armeniaca vulgaris*）、李（*Prunus salicina*）、山蜡梅（*Chimonanthus nitens*）、脉叶虎皮楠（*Daphniphyllum paxianum*）、牛斜吴萸（*Evodia trichotoma*）、柚（*Citrus maxima*）、大叶山楝（*Aphanamixis grandifolia*）、山楝（*Aphanamixis polystachya*）、茶条木、皮哨子、无患子（*Sapindus mukorossi*）、黄连木、长梗大花漆（*Toxicodendron grangiflorum* var. *longipes*）、漆树（*Toxicodendron vernicifluum*）、核桃、

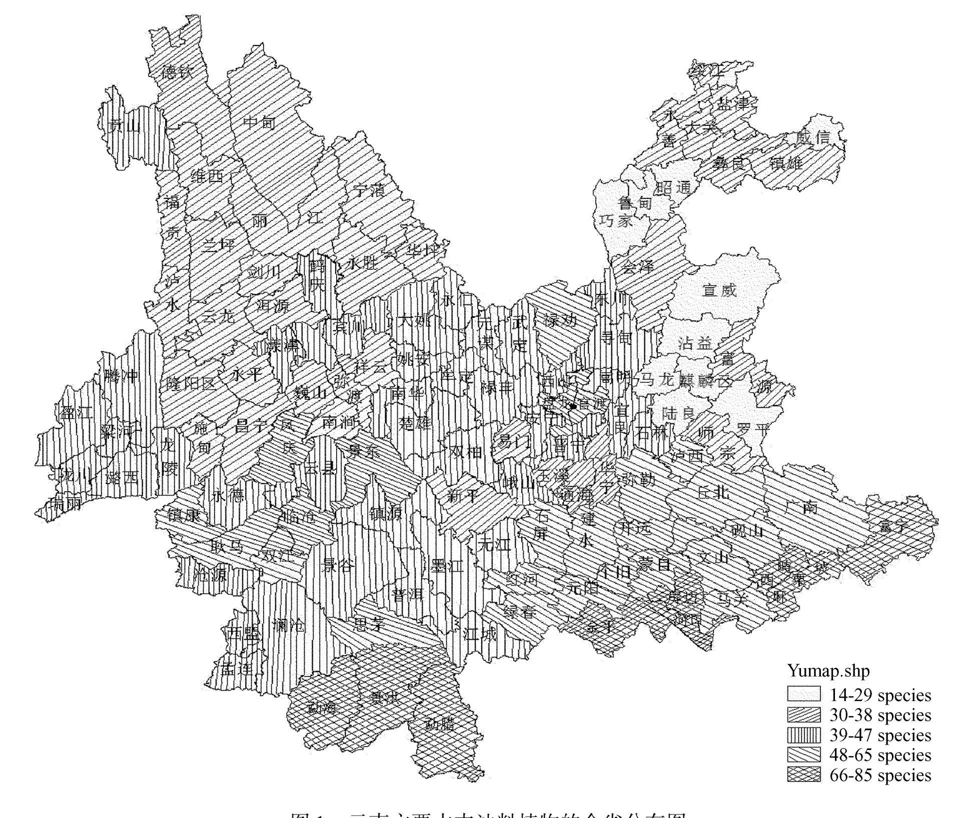


图 1　云南主要木本油料植物的全省分布图

Fig. 1　Distribution of main woody oil-bearing plants in Yunnan

表2 云南主要木本油料植物的评价等级和关联系数及关联度

Table 2 Coefficient and correlation degree with ideal species of main woody oil-bearing plants in Yunnan

编号 No.	植物名 Species	含油量 Oil content		油脂成分 Oil component		结实性状 Fruit characters		分布范围 Distribution range		繁殖性状 Propagation		关联度 Correlation degress
		等级 Grade	关联系数 Correlation coefficient	等级 Grade	关联系数 Correlation coefficient	等级 Grade	关联系数 Correlation coefficient	等级 Grade	关联系数 Correlation coefficient	等级 Grade	关联系数 Correlation coefficient	
0	理想种	3.0	1.0000	3.0	1.0000	3.0	1.0000	3.0	1.0000	3.0	1.0000	1.0000
1	云南油杉 *Keteleeria evelyniana*	1.8	0.5537	2.7	0.8333	0.1	0.3403	2.3	0.6818	1.2	0.4545	0.5727
2	华山松 *Pinus armandii*	1.7	0.5441	2.4	0.7052	0.8	0.4091	1.8	0.5556	2.5	0.7500	0.5928
3	长叶竹柏 *Podocarpus fleuryi*	1.3	0.4686	1.9	0.5701	1.7	0.5294	0.5	0.3750	2.1	0.6250	0.5136
4	三尖杉 *Cephalotaxus fortunei*	1.6	0.5118	2.9	0.9141	1.3	0.4615	2.1	0.6250	1.9	0.5769	0.6179
5	粗榧 *Cephalotaxus sinensis*	2.0	0.6046	2.4	0.7225	1.4	0.4768	1.4	0.4839	1.9	0.5769	0.5730
6	云南红豆杉 *Taxus yunnanensis* *	1.0	0.4337	2.8	0.8803	0.2	0.3495	1.8	0.5556	1.4	0.4839	0.5406
7	平伐含笑 *Michelia cavaleriei*	1.2	0.4505	2.8	0.8621	1.9	0.5664	0.5	0.3750	1.6	0.5172	0.5542
8	乐昌含笑 *Michelia chapensis*	1.3	0.4717	2.7	0.8197	1.4	0.4821	1.2	0.4545	1.6	0.5172	0.5491
9	球花含笑 *Michelia sphaerantha*	1.3	0.4673	2.8	0.8621	2.6	0.7864	1.3	0.4688	1.7	0.5357	0.6240
10	黄兰 *Michelia champaca* *	1.1	0.4378	2.7	0.8532	0.2	0.3495	1.5	0.5000	1.6	0.5172	0.5316
11	香子含笑 *Michelia hedyosperma* *	1.2	0.4596	2.5	0.7645	0.6	0.3803	0.5	0.3750	1.7	0.5357	0.5030
12	合果木 *Paramichelia baillonii* *	1.1	0.4413	3.0	0.9804	0.5	0.3716	1.5	0.5000	1.2	0.4545	0.5496
13	观光木 *Tsoongiodendron odorum* *	1.2	0.4550	2.7	0.8361	0.5	0.3716	0.4	0.3659	1.4	0.4839	0.5025
14	荷花玉兰 *Magnolia grandiflora*	1.4	0.4780	2.9	0.9107	0.4	0.3632	1.8	0.5556	1.8	0.5556	0.5726
15	八角 *Illicium verum*	1.3	0.4643	3.0	0.9804	0.2	0.3495	1.9	0.5769	1.9	0.5769	0.5896
16	南五味子 *Kadsura longipedunculata*	1.5	0.5030	3.0	0.9728	0.2	0.3495	1.9	0.5769	2.1	0.6250	0.6054
17	华中五味子 *Schisandra sphenanthera* *	1.3	0.4647	3.0	0.9747	0.4	0.3673	1.2	0.4545	2.2	0.6522	0.5827
18	倒卵叶黄肉楠 *Actinodaphne obovata* * ▲	1.5	0.5051	0.1	0.3401	1.9	0.5664	1.7	0.5357	2.2	0.6522	0.5199
19	樟 *Cinnamomum camphora*	1.3	0.4726	0.1	0.3425	2.8	0.8710	1.8	0.5556	2.1	0.6250	0.5733
20	云南樟 *Cinnamomum glanduliferum*▲	1.8	0.5549	0.1	0.3429	2.3	0.6864	1.9	0.5769	2.1	0.6250	0.5572
21	阴香 *Cinnamomum burmannii*	1.8	0.5637	0.3	0.3571	1.7	0.5294	1.8	0.5556	2.1	0.6250	0.5262
22	天竺桂 *Cinnamomum japonicum*	1.7	0.5453	0.1	0.3392	1.3	0.4615	1.5	0.5000	2.0	0.6000	0.4892
23	黄樟 *Cinnamomum porrectum* * ▲	1.7	0.5285	0.4	0.3628	1.7	0.5294	1.6	0.5172	2.3	0.6818	0.5240
24	岩樟 *Cinnamomum saxatile* * ▲	1.6	0.5252	0.1	0.3436	1.5	0.4932	0.9	0.4167	2.2	0.6522	0.4862
25	香面叶 *Lindera caudata* * △	1.5	0.5025	1.0	0.4227	1.3	0.4615	0.9	0.4167	2.3	0.6818	0.4970
26	香叶树 *Lindera communis*△	1.4	0.4766	2.1	0.6361	2.2	0.6585	2.1	0.6250	2.4	0.7143	0.6221
27	山胡椒 *Lindera glauca*	1.1	0.4456	0.3	0.3566	1.0	0.4337	2.2	0.6522	2.4	0.7143	0.5205
28	团香果 *Lindera latifolia*△	1.5	0.5010	2.1	0.6329	1.0	0.4337	2.3	0.6818	2.3	0.6818	0.5863
29	黑壳楠 *Lindera megaphylla*△	1.4	0.4845	1.3	0.4673	2.6	0.7864	2.2	0.6522	2.2	0.6522	0.6085
30	滇粤山胡椒 *Lindera metcalfiana* * △	1.7	0.5353	0.4	0.3687	1.3	0.4615	0.9	0.4167	2.3	0.6818	0.4928
31	绒毛山胡椒 *Lindera nacusua* * ▲	1.8	0.5656	0.4	0.3698	0.8	0.4091	2.4	0.7143	2.2	0.6522	0.5422

续表 2　Table 2 continued

编号 No.	植物名 Species	含油量 Oil content		油脂成分 Oil component		结实性状 Fruit characters		分布范围 Distribution range		繁殖性状 Propagation		关联度 Correlation degress
		等级 Grade	关联系数 Correlation coefficient	等级 Grade	关联系数 Correlation coefficient	等级 Grade	关联系数 Correlation coefficient	等级 Grade	关联系数 Correlation coefficient	等级 Grade	关联系数 Correlation coefficient	
32	山橿 *Lindera reflexa*	1.7	0.5280	0.4	0.3650	0.9	0.4211	2.1	0.6250	2.3	0.6818	0.5242
33	绿叶甘橿 *Lindera fruticosa* * △	1.2	0.4562	1.1	0.4398	0.8	0.4091	1.2	0.4545	2.0	0.6000	0.4719
34	三股筋香 *Lindera thomsonii* * △	1.5	0.5025	0.1	0.3436	1.0	0.4337	2.2	0.6522	2.1	0.6250	0.5114
35	高山木姜子 *Litsea chunii*	1.5	0.4970	0.7	0.3940	0.6	0.3871	0.8	0.4054	2.2	0.6522	0.4671
36	山鸡椒 *Litsea cubeba* △	1.2	0.4587	1.8	0.5650	1.0	0.4337	2.6	0.7895	2.4	0.7143	0.5922
37	五桠果叶木姜子 *Litsea dilleniifolia* *	1.0	0.4329	0.1	0.3392	1.0	0.4337	1.2	0.4545	2.1	0.6250	0.4571
38	黄丹木姜子 *Litsea elongata*	1.6	0.5155	0.3	0.3595	1.0	0.4337	2.0	0.6000	2.2	0.6522	0.5122
39	清香木姜子 *Litsea euosma* *	1.0	0.4255	0.3	0.3602	0.8	0.4091	2.3	0.6818	2.2	0.6522	0.5058
40	潺槁木姜子 *Litsea glutinosa* * △	1.5	0.5040	1.2	0.4554	1.0	0.4337	1.9	0.5769	2.3	0.6818	0.5304
41	香花木姜子 *Litsea panamonja* * ▲	1.5	0.5061	0.3	0.3554	0.8	0.4091	1.1	0.4412	2.1	0.6250	0.4673
42	杨叶木姜子 *Litsea populifolia* * △	1.5	0.4970	1.8	0.5482	0.7	0.3978	0.9	0.4167	2.2	0.6522	0.5024
43	木姜子 *Litsea pungens* △	1.4	0.4912	0.2	0.3453	1.0	0.4337	1.5	0.5000	2.3	0.6818	0.4904
44	滇新樟 *Neocinnamomum caudatum* * ▲	1.7	0.5400	2.9	0.9615	1.4	0.4768	2.1	0.6250	2.2	0.6522	0.6511
45	新樟 *Neocinnamomum delavayi* * ▲	1.9	0.5734	2.8	0.8636	1.3	0.4615	2.2	0.6522	2.2	0.6522	0.6406
46	新木姜子 *Neolitsea aurata*	1.6	0.5214	1.1	0.4367	0.8	0.4091	0.9	0.4167	2.2	0.6522	0.4872
47	鸭公树 *Neolitsea chuii* * △	1.5	0.5020	1.4	0.4916	0.9	0.4211	0.8	0.4054	2.1	0.6250	0.4890
48	檫木 *Sassafras tzumu* *	1.2	0.4488	2.2	0.6410	0.8	0.4091	1.8	0.5556	2.3	0.6818	0.5473
49	风吹楠 *Horsfieldia glabra* ▲	1.0	0.4274	0.3	0.3549	1.7	0.5294	1.8	0.5556	1.8	0.5556	0.4845
50	琴叶风吹楠 *Horsfieldia pandurifolia* * ▲	1.7	0.5400	0.2	0.3448	1.9	0.5664	1.9	0.5769	1.9	0.5769	0.5210
51	白木通 *Akebia trifoliata* ssp. *australis*	1.3	0.4682	3.0	0.9804	0.2	0.3495	2.1	0.6250	2.1	0.6250	0.6096
52	野木瓜 *Stauntonia chinensis* *	1.1	0.4405	3.0	0.9804	0.2	0.3495	1.8	0.5556	2.1	0.6250	0.5902
53	凹叶瑞香 *Daphne retusa*	1.2	0.4591	3.0	0.9804	0.2	0.3495	0.4	0.3659	2.2	0.6522	0.5614
54	澳洲坚果 *Macadamia ternifolia* ▲	1.9	0.5663	3.0	0.9804	1.5	0.4969	0.6	0.3846	1.2	0.4545	0.5765
55	蒜头果 *Malania oleifera* * ▲	1.6	0.5097	2.5	0.7407	1.1	0.4426	0.7	0.3947	1.3	0.4688	0.5113
56	青皮木 *Schoepfia jasminodora* △	1.1	0.4374	2.5	0.7463	1.2	0.4551	1.4	0.4839	1.6	0.5172	0.5280
57	印度大风子 *Hydnocarpus kurzii* * ▲	1.5	0.5061	0.6	0.3817	0.9	0.4197	0.4	0.3659	1.7	0.5357	0.4418
58	山桐子 *Idesia polycarpa* △	1.0	0.4241	3.0	0.9804	1.4	0.4821	1.9	0.5769	2.0	0.6000	0.6127
59	茶 *Camellia sinensis* ▲	1.0	0.4266	3.0	0.9804	0.6	0.3871	2	0.6000	2.4	0.7143	0.6217
60	西南红山茶 *Camellia pitardii* ▲	1.1	0.4472	3.0	0.9804	1.0	0.4337	2.3	0.6818	2.5	0.7500	0.6586
61	窄叶西南红山茶 *Camellia pitardii* var. *yunnanica* * ▲	1.7	0.5319	3.0	0.9804	1.0	0.4337	2.3	0.6818	2.5	0.7500	0.6756
62	滇山茶 *Camellia reticulata* ▲	1.5	0.4950	3.0	0.9804	1.1	0.4472	2.5	0.7500	2.4	0.7143	0.6774
63	普洱茶 *Camellia assamica* ▲	1.1	0.4371	3.0	0.9804	0.7	0.3978	2.1	0.6250	2.4	0.7143	0.6309
64	山茶 *Camellia japonica*	1.4	0.4776	3.0	0.9804	1.0	0.4337	1.8	0.5556	2.4	0.7143	0.6323

续表 2 Table 2 continued

编号 No.	植物名 Species	含油量 Oil content		油脂成分 Oil component		结实性状 Fruit characters		分布范围 Distribution range		繁殖性状 Propagation		关联度 Correlation degress
		等级 Grade	关联系数 Correlation coefficient	等级 Grade	关联系数 Correlation coefficient	等级 Grade	关联系数 Correlation coefficient	等级 Grade	关联系数 Correlation coefficient	等级 Grade	关联系数 Correlation coefficient	
65	油茶 *Camellia oleifera*	1.4	0.4878	2.9	0.9579	1.9	0.5714	2.3	0.6818	2.6	0.7895	0.6977
66	毗黎勒 *Terminalia bellirica* * ▲	1.3	0.4748	3.0	0.9804	0.9	0.4138	1.0	0.4286	2.0	0.6000	0.5795
67	榄仁树 *Terminalia catappa* * ▲	1.8	0.5543	3.0	0.9804	0.9	0.4114	0.6	0.3846	1.9	0.5769	0.5815
68	诃子 *Terminalia chebula* *	1.0	0.4274	3.0	0.9804	1.3	0.4615	1.4	0.4839	1.8	0.5556	0.5817
69	木竹子 *Garcinia multiflora*▲	1.5	0.5061	2.9	0.9597	1.5	0.4932	1.9	0.5769	1.9	0.5769	0.6226
70	铁力木 *Mesua ferrea*▲	2.4	0.7032	3.0	0.9804	1.3	0.4615	1.7	0.5357	1.9	0.5769	0.6516
71	仿栗 *Sloanea hemsleyana*	1.5	0.5051	2.5	0.7669	1.9	0.5664	2.1	0.6250	2.1	0.6250	0.6177
72	勐仑翅子树 *Pterospermum menglunense* *	1.4	0.4883	3.0	0.9804	0.3	0.3553	0.3	0.3571	1.9	0.5769	0.5516
73	两广梭罗 *Reevesia thyrsoidea* *	1.0	0.4277	3.0	0.9804	0.3	0.3553	1.0	0.4286	1.7	0.5357	0.5455
74	石栗 *Aleurites moluccana*▲	1.9	0.5828	3.0	0.9804	1.3	0.4682	1.9	0.5769	2.2	0.6522	0.6521
75	蝴蝶果 *Cleidiocarpon cavaleriei* * ▲	1.2	0.4500	3.0	0.9804	1.0	0.4309	0.9	0.4167	2.1	0.6250	0.5806
76	石山巴豆 *Croton euryphyllus* *	1.2	0.4521	2.7	0.8197	0.4	0.3673	1.6	0.5172	1.8	0.5556	0.5424
77	巴豆 *Croton tiglium* *	1.1	0.4425	2.5	0.7353	0.4	0.3673	2.2	0.6522	1.9	0.5769	0.5548
78	东京桐 *Deutzianthus tonkinensis*▲	1.5	0.4985	2.9	0.9242	1.7	0.5294	1.2	0.4545	1.9	0.5769	0.5967
79	黄桐 *Endospermum chinense* *	1.0	0.4255	3.0	0.9804	1.5	0.4932	0.9	0.4167	1.8	0.5556	0.5743
80	轮叶戟 *Lasiococca comberi* var. *pseudoverticillata* *	1.8	0.5513	3.0	0.9804	0.8	0.4045	0.6	0.3846	1.9	0.5769	0.5795
81	盾叶木 *Macaranga adenantha*▲	1.8	0.5574	0.2	0.3463	0.5	0.3770	0.5	0.3750	2.1	0.6250	0.4561
82	白背叶 *Mallotus apelta*	1.1	0.4405	0.9	0.4163	0.8	0.4091	1.8	0.5556	1.9	0.5769	0.4797
83	大穗野桐 *Mallotus macrostachys*	1.0	0.4244	3.0	0.9804	1.6	0.5106	1.7	0.5357	1.9	0.5769	0.6056
84	野桐 *Mallotus japonicus* var. *floccosus*	0.9	0.4195	3.0	0.9804	1.5	0.4932	1.9	0.5769	1.8	0.5556	0.6051
85	尼泊尔野桐 *Mallotus nepalensis*	1.0	0.4310	2.9	0.9363	1.7	0.5294	2.0	0.6000	2.1	0.6250	0.6244
86	四果野桐 *Mallotus tetracoccus* *	1.0	0.4244	3.0	0.9804	1.3	0.4615	1.9	0.5769	1.8	0.5556	0.5998
87	云南叶轮木 *Ostodes katharinae*	1.2	0.4529	1.4	0.4826	1.0	0.4337	2.1	0.6250	2.0	0.6000	0.5189
88	浆果乌桕 *Sapium baccatum*	1.3	0.4682	2.9	0.9615	1.1	0.4472	1.7	0.5357	1.8	0.5556	0.5936
89	山乌桕 *Sapium discolor*	1.4	0.4840	3.0	0.9804	1.4	0.4768	2.2	0.6522	2.0	0.6000	0.6387
90	圆叶乌桕 *Sapium rotundifolium*	1.0	0.4252	2.9	0.9259	1.5	0.4932	1.8	0.5556	2.1	0.6250	0.6050
91	乌桕 *Sapium sebiferum*	1.2	0.4570	3.0	0.9804	2.3	0.6792	2.4	0.7143	2.1	0.6250	0.6912
92	缅桐 *Sumbaviopsis albicans* *	1.7	0.5447	3.0	0.9804	1.3	0.4615	1.2	0.4545	2.1	0.6250	0.6132
93	滑桃树 *Trewia nudiflora*▲	1.5	0.4970	3.0	0.9804	0.6	0.3871	1.1	0.4412	2.3	0.6818	0.5975
94	油桐 *Vernicia fordii*▲	2.1	0.6369	1.3	0.4634	2.3	0.6792	2.5	0.7500	2.4	0.7143	0.6488
95	木油桐 *Vernicia montana*▲	1.8	0.5470	1.4	0.4762	2.1	0.6207	1.2	0.4545	2.4	0.7143	0.5626
96	橡胶树 *Hevea brasiliensis*▲	1.4	0.4762	3.0	0.9804	1.0	0.4337	0.9	0.4167	2.5	0.7500	0.6114

续表 2 Table 2 continued

编号 No.	植物名 Species	含油量 Oil content		油脂成分 Oil component		结实性状 Fruit characters		分布范围 Distribution range		繁殖性状 Propagation		关联度 Correlation degress
		等级 Grade	关联系数 Correlation coefficient	等级 Grade	关联系数 Correlation coefficient	等级 Grade	关联系数 Correlation coefficient	等级 Grade	关联系数 Correlation coefficient	等级 Grade	关联系数 Correlation coefficient	
97	小桐子 *Jatropha curcas*▲	1.8	0.5650	3.0	0.9804	0.8	0.4091	2.2	0.6522	2.5	0.7500	0.6713
98	扁核木 *Prinsepia utilis*	1.1	0.4444	3.0	0.9804	0.6	0.3871	2.0	0.6000	2.5	0.7500	0.6324
99	冬樱花 *Cerasus cerasoides*	1.2	0.4492	2.7	0.8333	1.5	0.4932	2.4	0.7143	2.4	0.7143	0.6409
100	杏 *Armeniaca vulgaris*	1.4	0.4762	3.0	0.9804	1.7	0.5294	2.1	0.6250	2.5	0.7500	0.6722
101	尖叶桂樱 *Laurocerasus undulata*▲	1.7	0.5291	2.9	0.9615	0.6	0.3871	2.1	0.6250	2.4	0.7143	0.6434
102	李 *Prunus salicina*	1.1	0.4363	3.0	0.9804	1.5	0.4932	2.3	0.6818	2.5	0.7500	0.6683
103	山蜡梅 *Chimonanthus nitens*	1.2	0.4550	3.0	0.9804	1.3	0.4615	1.2	0.4545	2.9	0.9375	0.6578
104	番荔枝 *Annona squamosa*	1.2	0.4509	3.0	0.9804	0.6	0.3871	1.9	0.5769	2.3	0.6818	0.6154
105	瓜馥木 *Fissistigma oldhamii*▲	1.1	0.4386	3.0	0.9804	0.5	0.3770	0.9	0.4167	1.9	0.5769	0.5579
106	瑞木 *Corylopsis multiflora* *	1.5	0.5076	3.0	0.9804	0.4	0.3673	0.6	0.3846	1.4	0.4839	0.5448
107	杜仲 *Eucommia ulmoides*	1.0	0.4244	3.0	0.9804	0.4	0.3673	1.8	0.5556	1.1	0.4412	0.5538
108	长序虎皮楠 *Daphniphyllum longeracemosum* * ▲	0.9	0.4132	3.0	0.9804	2.5	0.7500	1.5	0.5000	1.8	0.5556	0.6398
109	脉叶虎皮楠 *Daphniphyllum paxianum*▲	1.0	0.4322	3.0	0.9804	2.8	0.8710	1.9	0.5769	1.9	0.5769	0.6875
110	交让木 *Daphniphyllum macropodum*▲	0.9	0.4216	3.0	0.9804	2.6	0.7864	1.3	0.4688	1.8	0.5556	0.6425
111	刺榛 *Corylus ferox* * ▲	1.9	0.5741	3.0	0.9804	0.4	0.3673	1.9	0.5769	1.4	0.4839	0.5965
112	滇榛 *Corylus yunnanensis*▲	1.5	0.4950	3.0	0.9804	0.5	0.3770	2.1	0.6250	1.5	0.5000	0.5955
113	银毛叶山黄麻 *Trema nitida*△	1.0	0.4310	3.0	0.9804	1.7	0.5294	1.6	0.5172	1.9	0.5769	0.6070
114	油朴 *Celtis philippensis*▲	2.0	0.6105	3.0	0.9804	1.4	0.4768	0.6	0.3846	1.8	0.5556	0.6016
115	苦皮藤 *Celastrus angulatus*	1.3	0.4643	2.8	0.8977	0.4	0.3673	2.3	0.6818	1.9	0.5769	0.5976
116	灯油藤 *Celastrus paniculatus*	1.7	0.5441	2.8	0.8681	0.5	0.3770	2.0	0.6000	2.0	0.6000	0.5978
117	刺果卫矛 *Euonymus acanthocarpus* *	1.4	0.4854	2.9	0.9615	0.1	0.3396	2.2	0.6522	2.1	0.6250	0.6128
118	染用卫矛 *Euonymus tingens*	1.4	0.4916	2.9	0.9434	0.6	0.3871	1.9	0.5769	2.3	0.6818	0.6162
119	大花卫矛 *Euonymus grandifrus*	1.5	0.5061	3.0	0.9804	0.4	0.3673	2.2	0.6522	2.2	0.6522	0.6316
120	疏花卫矛 *Euonymus laxiflorus* *	1.4	0.4822	2.9	0.9434	0.5	0.3770	1.8	0.5556	2.2	0.6522	0.6020
121	大果卫矛 *Euonymus myrianthus*	1.7	0.5453	2.9	0.9091	0.6	0.3871	0.5	0.3750	2.3	0.6818	0.5797
122	滇南美登木 *Maytenus austroyunnanensis* *	1.7	0.5400	3.0	0.9804	0.4	0.3673	1.2	0.4545	2.0	0.6000	0.5884
123	美登木 *Maytenus hookeri* *	1.7	0.5353	2.9	0.9615	0.4	0.3673	0.4	0.3659	1.9	0.5769	0.5614
124	昆明山海棠 *Tripterygium hypoglaucum*	1.1	0.4413	3.0	0.9804	0.2	0.3495	2.3	0.6818	1.8	0.5556	0.6017
125	云南翅子藤 *Loeseneriella yunnanensis* *	1.6	0.5203	3.0	0.9804	0.2	0.3495	1.2	0.4545	1.5	0.5000	0.5609
126	琼榄 *Gonocaryum lobbianum* * ▲	1.0	0.4296	3.0	0.9804	0.7	0.3978	0.5	0.3750	1.6	0.5172	0.5400
127	小果微花藤 *Iodes vitiginea*▲	1.5	0.5025	3.0	0.9804	0.3	0.3582	0.9	0.4167	1.3	0.4688	0.5453
128	檀梨 *Pyrularia edulis*▲	2.0	0.5924	2.6	0.8000	1.9	0.5714	2.2	0.6522	1.2	0.4545	0.6141

续表2　Table 2 continued

编号 No.	植物名 Species	含油量 Oil content		油脂成分 Oil component		结实性状 Fruit characters		分布范围 Distribution range		繁殖性状 Propagation		关联度 Correlation degress
		等级 Grade	关联系数 Correlation coefficient	等级 Grade	关联系数 Correlation coefficient	等级 Grade	关联系数 Correlation coefficient	等级 Grade	关联系数 Correlation coefficient	等级 Grade	关联系数 Correlation coefficient	
129	硬核 *Scleropyrum wallichianum*▲	2.0	0.5981	3.0	0.9804	1.5	0.4932	1.2	0.4545	1.2	0.4545	0.5961
130	毛脉枣 *Ziziphus pubinervis*▲	1.0	0.4284	3.0	0.9804	1.3	0.4615	1.9	0.5769	1.8	0.5556	0.6006
131	牛斜吴萸 *Evodia trichotoma*	1.0	0.4274	2.8	0.8977	2.2	0.6585	2.1	0.6250	2.4	0.7143	0.6646
132	华南吴萸 *Evodia austrosinensis*	1.1	0.4374	3.0	0.9804	1.7	0.5294	1.9	0.5769	2.4	0.7143	0.6477
133	吴茱萸 *Evodia rutaecarpa*	0.9	0.4160	3.0	0.9804	0.4	0.3673	2.2	0.6522	2.4	0.7143	0.6260
134	小花花椒 *Zanthoxylum micranthum*	1.0	0.4292	2.9	0.9615	0.4	0.3673	0.7	0.3947	1.8	0.5556	0.5417
135	竹叶花椒 *Zanthoxylum armatum*	0.9	0.4202	3.0	0.9804	1.3	0.4615	2.4	0.7143	1.7	0.5357	0.6224
136	大叶臭花椒 *Zanthoxylum myriacanthum*	1.0	0.4227	2.9	0.9615	1.0	0.4337	1.2	0.4545	1.6	0.5172	0.5579
137	柠檬 *Citrus limon*	1.4	0.4869	3.0	0.9804	0.3	0.3582	1.4	0.4839	2.5	0.7500	0.6119
138	柚 *Citrus maxima*	1.6	0.5118	3.0	0.9804	1.5	0.4932	2.3	0.6818	2.6	0.7895	0.6913
139	酸橙 *Citrus aurantium*	1.0	0.4237	2.8	0.8929	0.6	0.3871	1.2	0.4545	2.5	0.7500	0.5816
140	橄榄 *Canarium album*▲	1.7	0.5441	3.0	0.9804	0.1	0.3375	0.9	0.4167	1.9	0.5769	0.5711
141	方榄 *Canarium bengalense** ▲	1.7	0.5376	3.0	0.9804	0.1	0.3375	0.6	0.3846	1.9	0.5769	0.5634
142	乌榄 *Canarium pimela** ▲	1.8	0.5513	3.0	0.9804	0.1	0.3375	0.8	0.4054	1.8	0.5556	0.5660
143	臭椿 *Ailanthus altissima*	1.1	0.4348	3.0	0.9804	0.4	0.3673	2.4	0.7143	2.2	0.6522	0.6298
144	中国苦树 *Picrasma chinensis**	1.2	0.4562	3.0	0.9804	0.5	0.3770	1.8	0.5556	2.0	0.6000	0.5938
145	苦树 *Picrasma quassioides**	0.9	0.4184	3.0	0.9804	0.4	0.3673	1.9	0.5769	2.0	0.6000	0.5886
146	大叶山楝 *Aphanamixis grandifolia*	1.3	0.4647	3.0	0.9804	2.3	0.6864	1.4	0.4839	2.3	0.6818	0.6594
147	山楝 *Aphanamixis polystachya*	1.4	0.4836	3.0	0.9804	2.2	0.6585	1.3	0.4688	2.3	0.6818	0.6546
148	溪杪 *Chisocheton paniculatus**	1.5	0.4931	3.0	0.9804	1.5	0.4932	0.6	0.3846	2.0	0.6000	0.5903
149	毛麻楝 *Chukrasia tabularis* var. *velutina**	1.1	0.4382	3.0	0.9804	1.3	0.4615	1.3	0.4688	2.1	0.6250	0.5948
150	香椿 *Toona sinensis*	1.0	0.4244	3.0	0.9804	0.1	0.3412	2.4	0.7143	2.2	0.6522	0.6225
151	细子龙 *Amesiodendron chinense**	1.1	0.4440	2.1	0.6250	2.1	0.6207	2.1	0.6250	1.9	0.5769	0.5783
152	茶条木 *Delavaya toxocarpa*▲	2.1	0.6369	1.6	0.5208	2.9	0.9474	2.2	0.6522	2.2	0.6522	0.6819
153	复羽叶栾树 *Koelreuteria bipinnata*	1.3	0.4638	1.3	0.4630	0.2	0.3495	2.4	0.7143	2.2	0.6522	0.5286
154	皮哨子 *Sapindus delavayi*▲	1.2	0.4550	2.3	0.6897	3.0	0.9759	2.5	0.7500	2.2	0.6522	0.7045
155	无患子 *Sapindus mukorossi*▲	1.2	0.4596	2.4	0.7246	2.7	0.8265	2.1	0.6250	2.2	0.6522	0.6576
156	腰果 *Anacardium occidentale*▲	1.5	0.5005	3.0	0.9804	0.7	0.3990	1.3	0.4688	2.1	0.6250	0.5947
157	人面子 *Dracontomelon duperreanum*▲	1.9	0.5814	3.0	0.9804	0.6	0.3803	0.8	0.4054	2.3	0.6818	0.6059
158	大果人面子 *Dracontomelon macrocarpum** ▲	2.1	0.6211	3.0	0.9804	0.6	0.3894	0.6	0.3846	2.3	0.6818	0.6115
159	黄连木 *Pistacia chinensis*	1.6	0.5133	3.0	0.9804	3.0	0.9759	2.6	0.7895	2.2	0.6522	0.7823
160	长梗大花漆 *Toxicodendron grangiflorum* var. *longipes*△	0.9	0.4167	3.0	0.9804	2.1	0.6328	2.1	0.6250	2.1	0.6250	0.6560

续表 2　Table 2 continued

编号 No.	植物名 Species	含油量 Oil content 等级 Grade	含油量 Oil content 关联系数 Correlation coefficient	油脂成分 Oil component 等级 Grade	油脂成分 Oil component 关联系数 Correlation coefficient	结实性状 Fruit characters 等级 Grade	结实性状 Fruit characters 关联系数 Correlation coefficient	分布范围 Distribution range 等级 Grade	分布范围 Distribution range 关联系数 Correlation coefficient	繁殖性状 Propagation 等级 Grade	繁殖性状 Propagation 关联系数 Correlation coefficient	关联度 Correlation degress
161	漆树 *Toxicodendron vernicifluum*△	0.9	0.4209	3.0	0.9804	2.5	0.7500	2.5	0.7500	2.0	0.6000	0.7003
162	野核桃 *Juglans cathayensis*▲	2.0	0.5896	3.0	0.9804	0.7	0.3990	2.1	0.6250	1.9	0.5769	0.6342
163	核桃 *Juglans regia*▲	2.1	0.6127	3.0	0.9804	1.7	0.5294	2.6	0.7895	2.0	0.6000	0.7024
164	泡核桃 *Juglans sigillata*▲	2.3	0.6935	3.0	0.9804	1.9	0.5664	2.4	0.7143	2.0	0.6000	0.7109
165	灯台树 *Bothrocaryum controversum*△	1.0	0.4248	3.0	0.9804	0.6	0.3871	2.4	0.7143	1.9	0.5769	0.6167
166	毛株 *Swida walteri*△	1.1	0.4374	3.0	0.9804	0.8	0.4091	1.2	0.4545	1.7	0.5357	0.5634
167	吴茱萸五加 *Acanthopanax evodiaefolius*	1.0	0.4252	3.0	0.9804	0.8	0.4091	1.4	0.4839	1.9	0.5769	0.5751
168	白簕 *Acanthopanax trifoliatus*	1.0	0.4248	3.0	0.9804	0.3	0.3582	2.4	0.7143	1.5	0.5000	0.5955
169	刺楸 *Kalopanax septemlobus*	0.9	0.4205	3.0	0.9804	0.4	0.3673	2.1	0.6250	1.3	0.4688	0.5724
170	马蹄参 *Diplopanax stachyanthus*▲	1.7	0.5382	3.0	0.9804	0.4	0.3636	0.8	0.4054	1.2	0.4545	0.5484
171	牛油果 *Butyrospermum parkii*▲	1.5	0.4941	3.0	0.9804	1.0	0.4337	1.1	0.4412	1.2	0.4545	0.5608
172	锈毛梭子果 *Eberhardtia aurata* * ▲	1.5	0.5066	3.0	0.9804	1.3	0.4615	0.6	0.3846	1.4	0.4839	0.5634
173	梭子果 *Eberhardtia tonkinensis* * ▲	1.7	0.5405	3.0	0.9804	1.3	0.4615	1.2	0.4545	1.5	0.5000	0.5874
174	紫荆木 *Madhuca pasquieri* * ▲	1.5	0.5000	2.9	0.9091	1.7	0.5294	0.5	0.3750	1.3	0.4688	0.5565
175	陀螺果 *Melliodendron xylocarpum* * ▲	1.5	0.4980	3.0	0.9804	1.5	0.4932	0.8	0.4054	1.5	0.5000	0.5754
176	楚雄安息香 *Styrax limprichtii* * ▲	1.3	0.4643	3.0	0.9804	1.4	0.4768	1.5	0.5000	1.8	0.5556	0.5954
177	粉花安息香 *Styrax roseus* * ▲	0.9	0.4167	2.9	0.9091	1.1	0.4472	0.6	0.3846	1.8	0.5556	0.5426
178	越南安息香 *Styrax tonkinensis* * ▲	0.9	0.4191	3.0	0.9804	1.3	0.4615	1.9	0.5769	1.7	0.5357	0.5947
179	华山矾 *Symplocos chinensis*△	1.0	0.4237	3.0	0.9804	1.7	0.5294	2.4	0.7143	2.4	0.7143	0.6724
180	白檀 *Symplocos paniculata*△	1.2	0.4480	3.0	0.9804	1.5	0.4932	2.5	0.7500	2.3	0.6818	0.6707
181	连翘 *Forsythia suspensa* *	1.2	0.4513	3.0	0.9804	0.1	0.3380	1.2	0.4545	2.2	0.6522	0.5753
182	油橄榄 *Olea europaea*△	1.7	0.5291	3.0	0.9804	2.9	0.9474	1.8	0.5556	2.1	0.6250	0.7275
183	黄花夹竹桃 *Thevetia peruviana*▲	2.3	0.6803	2.9	0.9091	0.7	0.3978	1.2	0.4545	2.0	0.6000	0.6083
184	球核荚蒾 *Viburnum propinquum* var. *mairei*	0.9	0.4202	3.0	0.9804	0.1	0.3380	0.6	0.3846	1.6	0.5172	0.5281
185	金银忍冬 *Lonicera maackii*	1.0	0.4255	3.0	0.9804	0.1	0.3396	2.3	0.6818	1.8	0.5556	0.5966
186	海州常山 *Clerodendrum trichotomum*	1.0	0.4314	3.0	0.9804	0.8	0.4091	2.3	0.6818	1.9	0.5769	0.6159
187	椰子 *Cocos nucifera*▲	1.8	0.5513	0.7	0.3906	2.3	0.6864	0.8	0.4054	1.6	0.5172	0.5102
188	油棕 *Elaeis gunieensis*△	2.4	0.7163	2.9	0.9434	2.5	0.7500	1.0	0.4286	1.9	0.5769	0.6830

＊表示该植物的含油量和油脂成分数据来自《中国油脂植物》（贾良智和周俊，1987）和《燃料油植物选择与应用》（程树棋和程传智，2005）等文献资料，其它种的含油量和油脂成分数据均在昆明植物研究所测定得到。△标注的表示测的该植物果实的含油量，▲标注的表示测的该植物种仁的含油量，其它均为种子的含油量。以上植物名按照哈钦松系统排列。

＊Indicates data of oil content and component were acquired from *Chinese Oil Plants* (Liangzhi Jia and Jun Zhou, 1987) and *Selection and Utilization Offuel Oil Plants* (Shuqi Cheng and Chuanzhi Cheng, 2005). Data of other species were detected in Kunming Institute of Botany. Markers showing oil content of fruits are indicated with a △. Markers showing oil content of seed kernel are indicated with a ▲. The others show the oil content of seeds. The above plant species were arranged according to Hutchinson System.

泡核桃、华山矾（*Symplocos chinensis*）、白檀（*Symplocos paniculata*）、油橄榄（*Olea europaea*）、油棕，说明它们具有良好的综合性状。在参与评价的188种木本油料植物中，关联度最高的是黄连木，关联度为0.7823；最低的是印度大风子（*Hydnocarpus kurzii*），关联度仅为0.4418。

4 结论与讨论

4.1 评价结果表明，在参与评价的188种木本油料植物中，有29种与理想种的关联度在0.6500以上，它们的油脂具有良好的开发成生物柴油原料的潜力。在这29种木本油料植物中，大多数种类已有人工栽培，可以在进一步研究开发的基础上作为云南生物柴油产业潜在的原料油植物来推广应用。

4.2 与理想种的关联度大于0.6500的29种木本油料植物中，首次发现脉叶虎皮楠、牛紏吴萸和长梗大花漆3种植物有良好的作为生物柴油原料的综合性状，是这次新发现的具有开发潜力的木本生物柴油原料植物。

4.3 运用灰色关联度分析法对木本油料植物作为生物柴油原料的综合评价效果较好，既能十分简捷的分析出各主要性状的作用和联系，又能正确、全面的综合评价各参评木本油料植物，分析结果和评价体系具有客观性和实用性。因此，灰色关联度分析法对于评价一个地区的自然资源有着重要的作用。

致谢 参加野外考察的人员还有：昆明植物研究所的罗吉风、王跃虎、唐贵华、赵富伟、赵大克、龙波、李忠荣、张洪喜，云南农业大学的隋学艺、黄巧琴、徐金金，向他们表示最真挚的感谢！

〔参 考 文 献〕

程树棋，程传智，2005. 燃料油植物选择与应用［M］. 长沙：中南大学出版社，1—267

邓聚龙，2002. 灰色理论基础［M］. 武汉：华中科技大学出版社，62—96

贾良智，周俊，1987. 中国油脂植物［M］. 北京：科学出版社，1—606

龙春林，宋洪川，2012. 中国柴油植物［M］. 北京：科学出版社，92—283

云南植被编写组，1987. 云南植被［M］. 北京：科学出版社，3—90

Bao HG（包海刚），Zhang RJ（张如军），Li Q（李强），2009. The comprehensive evaluation on new soybean varieties by the gray relational degree analysis［J］. *Gansu Agricultural Science and Technology*（甘肃农业科技），**7**：40—43

Fei SM（费世民），Chen XM（陈秀明），He YP（何亚平），2006. Prospects of studies on *Jatropha curcas* biodiesel in Sichuan［J］. *Biomass Chemical Engineering*（生物质化学工程），**B12**：193—199

Fan ZF（樊智丰），Yue F（岳锋），Yang B（杨斌）*et al.*，2010. The evaluation of wild ornamental grass resources in Yunnan Province［J］. *Northern Horticulture*（北方园艺），**13**：103—106

Huang JJ（黄剑坚），Han WD（韩维栋），2006. The current research and perspective utilization on the energy tree species in China［J］. *Forestry Science and Technology of Guangdong Province*（广东林业科技），**22**（4）：105—110

He ZX（何桢祥），Wang W（王伟），2006. Energy forest in China：progress and prospects［J］. *China Forestry Science and Technology*（林业科技开发），**20**（4）：8—11

Jiang M（蒋猛），Li XY（李小昱），Li HJ（李洪军）*et al.*，2008. Evaluation index system of biodiesel plant resource based on sustainable development in Three Gorges areas of China［J］. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*（农业工程学报），**24**（10）：200—204

Luo Y（罗艳），Liu M（刘梅），2007. Oil-bearing trees as a source for biodiesel［J］. *China Biotechnology*（中国生物工程杂志），**27**（7）：68—74

Liu ZM（刘泽铭），Su GR（苏光荣），Yang Q（杨清）*et al.*，2008. Investigation and analysis on resources and development strategies of *Jatropha curcas* L. in Yunnan Province［J］. *China Forestry Science and Technology*（林业科技开发），**22**（1）：37—40

Liu RN（刘瑞宁），Zhang WH（张文辉），Liu XC（刘新成）*et al.*，2008. Comprehensive appraisal on ornamental characters and adaptability of 32 common shrub in Tianjin［J］. *Acta Agriculturae Borealioccidentalis Sinica*（西北农业学报），**17**（1）：296—301

Wang TJ（王铁军），Bao LP（保丽萍），Zhao YY（赵银月）*et al.*，2004. Grey correlation degree analysis on main characters of soybean varieties in Yunnan Province［J］. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*（西南农业学报），**B17**：452—454

Wang T（王涛），2005. A survey of the woody plant resources for biomass fuel oil in China［J］. *Science & Technology Review*（科技导报），**23**（5）：12—14

Xue JP（薛建平），Su M（苏敏），Tang LH（唐良华）*et al.*，2008. Application of *Penicillium expansum* TS 414 lipase in synthesis of biodiesel［J］. *Journal of Cereals & Oil*（粮食与油脂），**2008**（4）：16—18

Yue F（岳锋），Fan ZF（樊智丰），Yang B（杨斌），2010. Main resources of ornamental grass and their ornamental value evaluation in Kunming［J］. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*（安徽农业科学），**38**（8）：4007—4009